

運輸計劃季刊  
第三十二卷 第三期  
民國九十二年九月  
頁 581 ~ 頁 600

Transportation Planning Journal  
Vol. 32 No. 3  
September 2003  
PP. 581 ~ 600

# 用於捷運車站周邊地區容積管制檢討之 TOD 規劃模式

## A TOD PLANNING MODEL FOR THE REVIEW OF DENSITY CONTROL IN MRT STATION AREA

林楨家 Jen-Jia Lin<sup>1</sup>  
高誌謙 Chi-Chien Gau<sup>2</sup>

(91 年 8 月 21 日收稿，91 年 10 月 4 日修改，92 年 6 月 23 日定稿)

### 摘要

過去有關「大眾運輸導向發展 (transit-oriented development, TOD)」之土地使用規劃論述較強調經濟效率面的達成，忽略生活環境與社會公平二個層面的考量。本研究從永續發展的角度構思規劃模式之目標，包括：提升捷運系統乘載量、提升生活環境品質以及維持土地發展社會公平性，以捷運車站周邊不同土地使用之容積率為決策變數，考慮使用強度、混合比率以及生活環境品質等限制條件，構建多目標規劃模式，協助規劃者系統且有效地為車站周邊地區規劃容積管制之替選方案。並以台北捷運藍線四個不同類型車站地區為對象進行實例研究，除了展示模式應用的過程與分析結果之外，並發現都會核心型車站地區規劃之捷運乘載量可達最高，鄰里型車站地區之生活環境品質可達最佳，全市型車站地區之發展密度與生活環境品質與鄰近地區差異可達最小；並且住宅區容積率的提升，對捷運系統乘載量均有相當程度的正面影響，但車站地區與鄰近地區之土地使用強度及生活環境品質會相差愈大，土地發展社會公

- 
1. 台北大學都市計劃研究所助理教授（聯絡地址：104 台北市建國北路二段 69 號台北大學都市計劃研究所；電話：02-25009715；E-mail：jenjia@mail.ntpu.edu.tw）。
  2. 長榮管理學院土地管理與開發學系碩士。



平性愈差。

**關鍵詞：**大眾運輸導向發展；土地使用計畫；多目標規劃

## ABSTRACT

*The transit-oriented development (TOD) planning usually emphasized the development efficiency but ignored the other two aspects of sustainability: living environment and social equity. This study developed a multi-objective programming model to help planners to generate alternatives for TOD planning systematically and efficiently. Based on the concept of sustainability, three objectives were considered: maximizing the number of MRT passengers, maximizing the quality of living environment, and optimizing the social equity of land development. The decision variables were the ratios of floor space to site space (RFS) for different land uses in MRT station area. The constraints considered the limit of land use density, the combination of land uses, and the level of environment quality. Four types of stations along the blue line of Taipei MRT were studied. In addition to show the process of model application and the planning results, we also found that the area around CBD stations can achieve the largest number of MRT passengers, the area around neighborhood type stations can achieve the highest level of environment quality, and the area around transfer type stations can maintain the smallest deviation between station area and other area. According to the sensitivity analysis, the increase of the upper bound of residential RFS will significantly increase the MRT passengers, but the social equity and environment quality will both deteriorate.*

**Key Words:** *Transit-oriented development; Land use plan; Multi-objective programming*

## 一、前 言

都市的成長與發展，有相當程度受到大型建設及運輸網路的引導與影響，過去小汽車導向的都市發展策略造成都市蔓延及郊區化發展的現象，不但增加工作及居住地點間的距離，同時也降低能源與土地資源使用之效率。而大眾運輸系統相較於個人運具而言，具有較高的資源使用效率，在環保意識與永續發展理念下，各國均以捷運等大眾運輸系統為都市發展的主軸。規劃者在面對捷運對沿線土地與整體環境所造成的衝擊時，必須進行完善的規劃與準備，以充分運用捷運建設所帶來的正面效益。

「大眾運輸導向發展 (transit-oriented development，以下簡稱 TOD)」係以大眾運輸可及性高低作為都市土地使用規劃之基準，可提升捷運系統之使用效能，強化土地使用機能。近年國內外學者積極探討 TOD 之理念與規劃，例如：Beimborn 等人<sup>[1]</sup>、Bernick 和 Cervero<sup>[2]</sup>、Cervero 和 Radisch<sup>[3]</sup>、Corbett 和 Zykovsky<sup>[4]</sup>、Moon<sup>[5]</sup>、張學孔等<sup>[6]</sup>、陳勝智<sup>[7]</sup>等。根據這些文獻的結論可知，TOD 規劃內容不脫 Cervero 和 Kockelman<sup>[8]</sup> 所謂影響



旅運行為的 3Ds 元素，亦即：提升車站周邊地區之土地使用「強度 (density)」，以增加大眾運輸系統使用量；適當地「混合 (diversity)」土地使用，提高活動便利性而增加使用大眾運輸的意願；車站周邊地區之環境「設計 (design)」以行人導向 (pedestrian-oriented) 為原則，並加強與其他運具之轉乘及接駁，以塑造舒適的步行與轉乘環境，提高大眾運輸使用意願。上述三種規劃元素分別對應到土地使用之管制、規劃與設計內容，其中強度管制是對旅運需求最直接明顯的影響手段，也是政府與地主最常關心的議題。但是，究竟在 TOD 規劃地區要提高多少使用強度才是合理？如何決定提高的水準？目前尚無適當的工具能夠協助規劃者分析這個問題。

土地使用規劃模式 (land use design model) 是一種規範性的分析工具，被設計用來協助規劃者系統化且有效地決定最佳的土地使用種類、規模、或者區位之規劃方案。過去已有許多研究針對不同問題設計了規劃模式，絕大部分屬於數學規劃模式，例如 Bammi 等人<sup>[9]</sup>、Bammi 和 Bammi<sup>[10]</sup>、Barber<sup>[11]</sup>、Brotchie<sup>[12]</sup>、Brotchie 等人<sup>[13]</sup>、Diamond 和 Wright<sup>[14]</sup>、Dokmeci 等人<sup>[15]</sup>、Gilbert 等人<sup>[16]</sup>、Gordon 和 MacReynolds<sup>[17]</sup>、Los<sup>[18,19]</sup>、Lundqvist<sup>[20]</sup>、Ridgley 和 Giambellucca<sup>[21]</sup>、蔡建年<sup>[22]</sup>、馮正民與才有財<sup>[23]</sup>、馮正民等<sup>[24]</sup>、馮正民與王文林<sup>[25]</sup>、馮正民與林楨家<sup>[26,27]</sup>、林楨家與馮正民<sup>[28]</sup>等。然而過去的土地使用規劃模式鮮少針對 TOD 規劃而設計，我們只發現馮正民與張昭芸<sup>[29]</sup>以及 Kaneko 和 Fukuda<sup>[30]</sup>設計使捷運系統載客量最大之各車站腹地範圍最佳活動量規劃模式，然而二者均為單目標規劃問題，只能找到單方面的最佳方案，無法進行不同面向互相權衡的非劣替選方案討論，例如發展強度提高對生活環境品質與土地發展公平性的負面影響，故在理論與實務上尚有發展空間。

因此本研究針對 TOD 規劃問題，考量政府規劃單位在制訂發展政策及目標的過程中所面臨多重目標間的衝突，運用多目標規劃法設計 TOD 土地使用規劃模式，協助規劃者有系統地產生土地使用計畫替選方案。為確認模式之實用性，以台北捷運藍線四種不同類型車站為對象進行實例分析，分析結果並可提供政府於車站周圍土地進行都市計畫通盤檢討之參考。文章內容將分為六個部分：在本段說明研究目的、內容與文獻回顧之後，將在第二段說明模式構想，接著在第三段進行模式列式，第四段與第五段將展示實例分析與敏感度分析之過程與成果，最後則是結論與建議的整理。

## 二、模式構想

在構建模式之前，先設定以下分析情境或假設條件：

- 根據文獻對 TOD 規劃範圍的建議<sup>[1-5]</sup>，設定單一車站規劃範圍為半徑 400 公尺圓形範圍內之土地；
- 假設車站規劃範圍內的旅行者均使用該車站而不會到其他車站搭乘捷運系統；
- 由於捷運屬於大型公共建設，本研究主要基於政府規劃單位之立場進行規劃模式之構



建，故一般私部門所追求開發利潤的目標不直接納入考量；

- 由於土地使用類別繁多，本研究參考台北市土地使用分區管制內容，將模式之土地使用種類區分為住一、住二、住三、住四、商一、商二、商三、商四及公共設施等九類主要使用作為規劃項目；
- 本研究所構建之模式先以盡量接近現況之線性關係來發展，暫將現況存在的非線性關係留待後續研究繼續進行；
- 規劃範圍為已發展地區，規劃內容為所劃定土地使用分區之容積率，各種土地使用之計畫面積為給定或依既有計畫不予調整。

基於以上條件，模式構想如下：

### 1. 決策變數

本研究以各類型車站規劃範圍內各類別土地使用容積率為模式之決策變數，因此決策變數必須提供的資訊包括：土地使用類型及容積率，變數值域為大於零之實數。

### 2. 追求目標

基於永續發展之考量向度，本研究運用多目標規劃法設計 TOD 土地使用規劃模式，追求目標將包括：生活環境、經濟效率以及社會公平，如圖 1 所示，說明如下：

- (1) 提升捷運系統乘載量：依據 TOD 之規劃理念，大眾運輸車站周邊地區若高密度發展，可帶來較大量的活動，進而提高大眾運輸系統的乘載量。故藉由車站周邊土地使用強度的增加，如提高容積率，將可有助於捷運系統乘載量的提升，如圖 2 所示。
- (2) 提升生活環境品質：土地使用活動需要公共設施服務，尤其是公園、綠地等開放空間，開放空間愈多，生活環境品質愈有機會更好，如圖 3 所示。

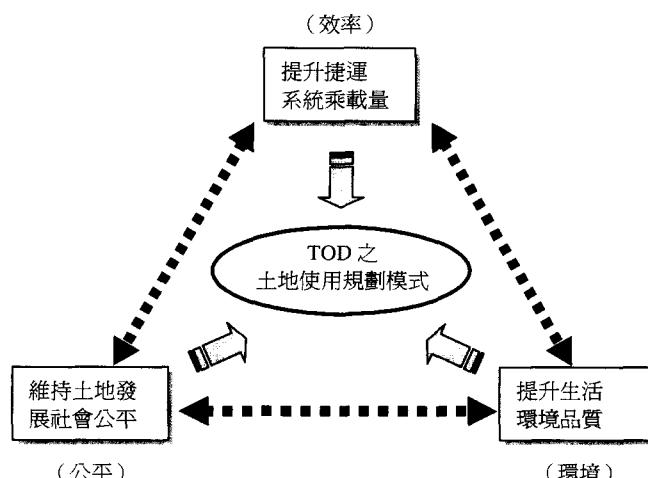


圖 1 目標式構想示意圖



(3) 維持土地發展社會公平性：實施 TOD 地區其土地使用強度與規劃環境的改變，將引起土地價值的改變，這對車站周邊以外未實施 TOD 地區之居民是不公平的，故模式亦應考慮土地發展之社會公平性，使實施 TOD 地區與未實施 TOD 地區之土地使用強度與生活環境品質差異為最小，如圖 4 所示。

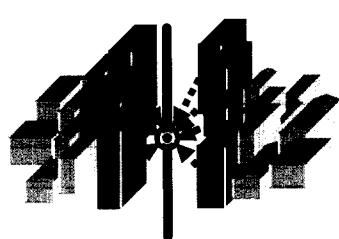


圖 2 目標一構想示意圖

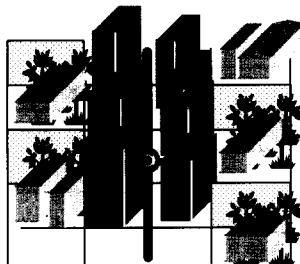


圖 3 目標二構想示意圖

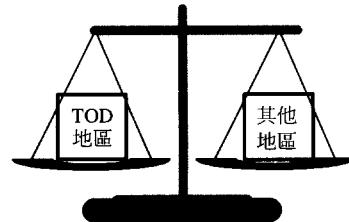


圖 4 目標三構想示意圖

### 3. 限制條件

本研究考量主要限制條件包括：

#### (1) 發展強度限制

為避免因 TOD 理念而過度提升車站周邊土地使用強度，以導致土地過度開發及影響生活環境品質，各類別土地容積率應不得超出或低於一定之上下限。

#### (2) 使用組合限制

各類別土地使用樓地板面積之間，依照法規或規劃理論規範，需要存在一定比率關係，應將之納入模式中加以考慮。

#### (3) 生活環境品質限制

本研究之公共設施種類定義為住宅區與商業區以外供大眾使用的地區，如公園、停車場、道路、文教區及行政區等。為維持車站周邊之生活環境品質，公共設施之開發面積必須與住宅使用樓地板面積有一定之關係限制。

## 三、模式構建

依據前段所提出的模式構想，定義如表 1 之參數符號，並逐步進行列式，說明如下：

### 1. 決策變數

本模式之決策變數定義為各類型車站規劃範圍內住宅及商業使用容積率： $X_j^r$ ，代表車站規劃範圍內第  $j$  種住宅使用容積率； $X_j^b$ ，代表車站規劃範圍內第  $j$  種商業使用容積率；單位均為%。



表 1 模式符號及參數說明表

符號、參數	說明	單位
$j$	住宅或商業使用類型， $j = 1 \sim 4$	—
$r$	住宅使用	—
$b$	商業使用	—
$s$	公共設施使用	—
$l$	下限	—
$u$	上限	—
$M$	順道旅次折減比率	%
$k_j^r$	第 $j$ 種住宅使用之捷運使用比率	%
$k_j^b$	第 $j$ 種商業使用之捷運使用比率	%
$T_j^r$	第 $j$ 種住宅使用之旅次發生率	人旅次/百平方公尺
$T_j^b$	第 $j$ 種商業使用之旅次發生率	人旅次/百平方公尺
$L_j^r$	第 $j$ 種住宅使用土地面積	百平方公尺
$L_j^b$	第 $j$ 種商業使用土地面積	百平方公尺
$L^s$	規劃區總公共設施土地面積	百平方公尺
$L$	規劃區總土地面積	百平方公尺
$\bar{D}$	鄰近地區發展密度平均值	見(4)式說明
$\bar{F}$	鄰近地區樓地板面積與公共設施面積比值之平均值	見(4)式說明
$f_j^{r'}$	第 $j$ 種住宅使用容積率下限	%
$f_j^{r''}$	第 $j$ 種住宅使用容積率上限	%
$f_j^{b'}$	第 $j$ 種商業使用容積率下限	%
$f_j^{b''}$	第 $j$ 種商業使用容積率上限	%
$a, b, c, d$	各類別土地使用樓地板面積間之關係係數	—

## 2. 目標一：提升捷運系統乘載量

由於各車站之載客量與該車站規劃範圍內之人口活動存在一正向關係，因此模式以車站規劃範圍內居民搭乘捷運比率、住宅及商業使用之樓地板面積、旅次發生率與順道旅次折減率，經過加總而得捷運系統之乘載量，目標在使此乘載量最大化，如(1)式所示：

$$\text{Max } Z_1 = \sum_j (M \times k_j^r \times T_j^r \times X_j^r \times L_j^r) + \sum_j (M \times k_j^b \times T_j^b \times X_j^b \times L_j^b) \quad (1)$$

## 3. 目標二：提升生活環境品質

本研究以每單位樓地板面積所分配之公共設施面積為生活環境品質之衡量指標，求其最大化，如(2)式所示：



$$\text{Max } Z_2 = \frac{L^s}{\left[ \sum_j (X_j^r \times L_j^r) + \sum_j (X_j^b \times L_j^b) \right]} \quad (2)$$

但為維持線性函數以利求解，於運算時須求此指標倒數的最小化，如(3)式所示：

$$\text{Min } Z'_2 = \frac{\left[ \sum_j (X_j^r \times L_j^r) + \sum_j (X_j^b \times L_j^b) \right]}{L^s} \quad (3)$$

#### 4. 目標三：維持土地發展社會公平性

為使實施 TOD 地區與未實施 TOD 地區間之土地使用強度與環境品質差異為最小，以維持土地發展社會公平性。本模式以車站規劃範圍內之發展密度（每單位土地面積上之樓地板面積）與該車站周圍地區之發展密度平均值差值之絕對值，及車站規劃範圍內樓地板面積對公共設施面積比值與該車站周圍地區平均值之差值絕對值之總和為目標三，以使前述差異總和最小化，如(4)式所示：

$$\text{Min } Z_3 = \left| \frac{\left[ \sum_j (X_j^r \times L_j^r) + \sum_j (X_j^b \times L_j^b) \right]}{L} - \bar{D} \right| + \left| \frac{\left[ \sum_j (X_j^r \times L_j^r) + \sum_j (X_j^b \times L_j^b) \right]}{L^s} - \bar{F} \right| \quad (4)$$

為求單位一致，故將(4)式一般化 (normalization) 成為(5)式：

$$\text{Min } Z'_3 = \left| \frac{\left[ \sum_j (X_j^r \times L_j^r) + \sum_j (X_j^b \times L_j^b) \right]}{L \times \bar{D}} - 1 \right| + \left| \frac{\left[ \sum_j (X_j^r \times L_j^r) + \sum_j (X_j^b \times L_j^b) \right]}{L^s \times \bar{F}} - 1 \right| \quad (5)$$

由於(5)式並非為線性，為求解方便，需將之轉換為線性關係如下：

$$\text{Min } Z''_3 = \alpha_1 + \beta_1 + \alpha_2 + \beta_2 \quad (6)$$

S.T.

$$\frac{\left[ \sum_j (X_j^r \times L_j^r) + \sum_j (X_j^b \times L_j^b) \right]}{L \times \bar{D}} - 1 = \alpha_1 - \beta_1 \quad (7)$$



$$\frac{\left[ \sum_j (X_j^r \times L_j^r) + \sum_j (X_j^b \times L_j^b) \right]}{L^s \times F} - 1 = \alpha_2 - \beta_2 \quad (8)$$

$$\alpha_1, \beta_1, \alpha_2, \beta_2 \geq 0 \quad (9)$$

(6) 式至(9)式所組成線性規劃問題可取代(5)式之非線性目標式，若(5)式第一項絕對值符號內為正值，則(7)式等號右側只會留下 $\alpha_1$ ，致(6)式取其絕對值最小；但若(5)式第一項絕對值符號內為負值，則(7)式等號右側只會留下 $-\beta_1$ ，致(6)式取其絕對值最小；(5)式第二項絕對值符號在(8)式與(6)式間對應關係解釋亦相同。

## 5. 限制式

(1) 規劃範圍內各類別土地使用容積率之限制式。為避免因TOD理念而過度提升車站周邊土地使用強度，以導致土地過度開發及影響生活環境品質，各類別土地使用容積率應不得超出或低於法規所規定或專業所判斷決定之上下限，如(10)式與(11)式：

$$f_j^{r'} \leq X_j^r \leq f_j^{r''}, \forall j \quad (10)$$

$$f_j^{b'} \leq X_j^b \leq f_j^{b''}, \forall j \quad (11)$$

(2) 規劃範圍內住宅與商業使用樓地板面積限制式。由於一般都市地區之住宅區與商業區樓地板面積必須維持一定的比率關係，以提供適當的消費機能及就業機會，如(12)式；而住宅使用樓地板面積及商業使用樓地板面積又與規劃區總樓地板面積呈一定比率關係，而各車站因其發展類型不同，此比率關係亦會不同，如(13)式與(14)式：

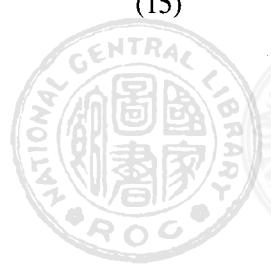
$$\sum_j X_j^b \times L_j^b \geq a \sum_j X_j^r \times L_j^r \quad (12)$$

$$\sum_j X_j^r \times L_j^r \geq b \left( \sum_j X_j^r \times L_j^r + \sum_j X_j^b \times L_j^b \right) \quad (13)$$

$$\sum_j X_j^b \times L_j^b \geq c \left( \sum_j X_j^r \times L_j^r + \sum_j X_j^b \times L_j^b \right) \quad (14)$$

(3) 本研究將公共設施種類定義為住宅區與商業區以外供大眾使用的地區，如公園、停車場、道路、文教區及行政區等。為維持車站周邊之生活環境品質，公共設施之開發面積必須與住宅使用樓地板面積有一定之關係限制（生活環境品質限制），如(15)式：

$$\sum_j X_j^r \times L_j^r \leq d \times L^s \quad (15)$$



(4) 決策變數值域宣告。本研究模式之決策變數為各種住宅使用容積率 ( $X_j^r$ )、商業使用容積率 ( $X_j^b$ )，基於實務上決定容積率大多使用 10 的整數倍，因此宣告決策變數值域如(16)式：

$$X_j^r, X_j^b \geq 0, \text{ 且為 } 10 \text{ 的整數倍}, \forall j \quad (16)$$

(5) 整體模式根據上述說明，本研究所構建之大眾運輸導向發展土地使用規劃模式架構如圖 5 所示，求解列式如下：

$$\begin{aligned} \text{Max } & Z_1; \text{Min } Z'_2; \text{Min } Z''_3 \\ \text{S.T. } & (7); (8); (10); (11); (12); (13); (14); (15); (9); (16) \end{aligned} \quad (17)$$

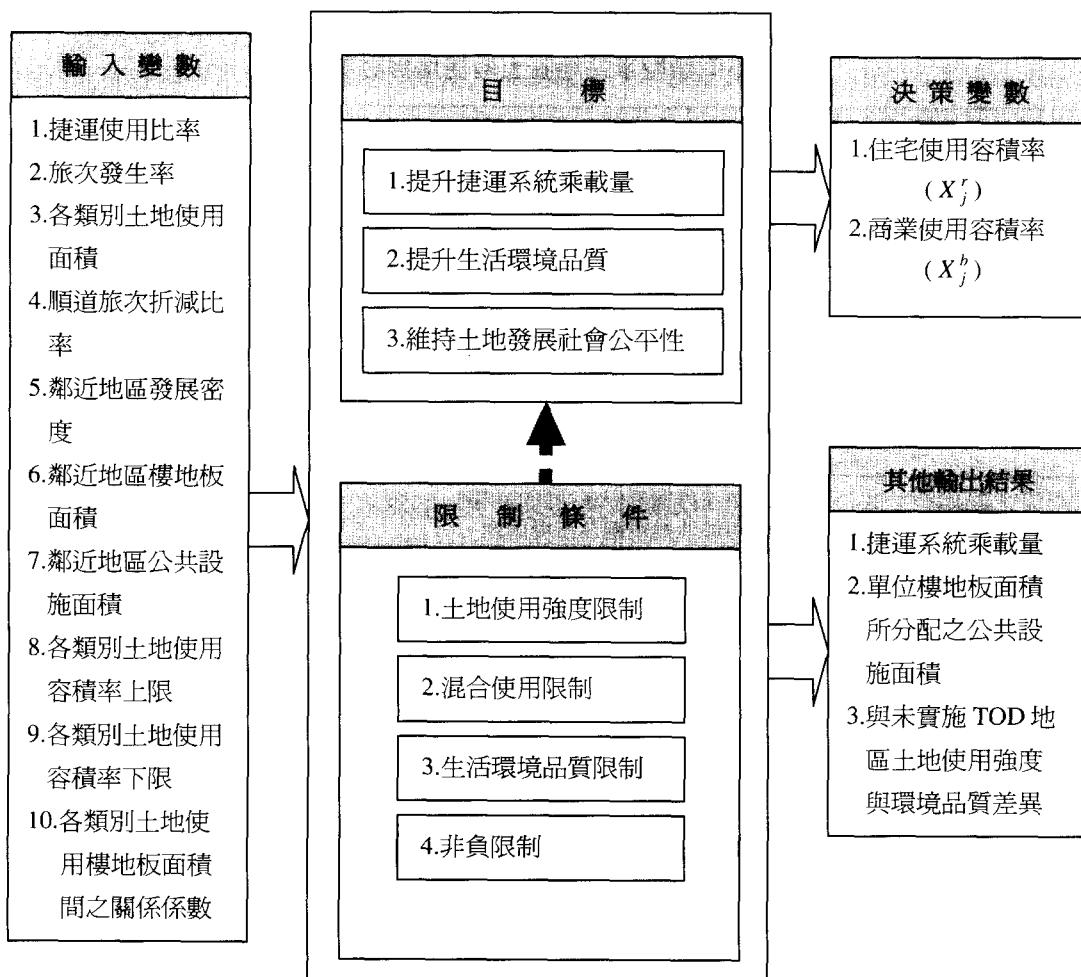


圖 5 TOD 土地使用規劃模式架構圖



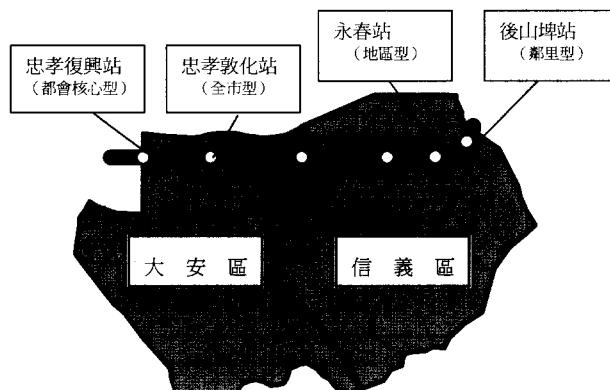
## 四、實例分析

各車站地區因為不同的功能與層級，其周邊地區的土地使用規劃與管制內容會有所差異。本研究根據張金鶚<sup>[31]</sup>針對捷運淡水線與木柵線不同類型車站地區未來定位分類特性，將車站周邊地區分為都會核心型車站地區、全市型車站地區、地區型車站地區與鄰里型車站地區等四種類型如表 2，並根據此分類遴選出忠孝復興站、忠孝敦化站、永春站及後山埤站，以作為實例分析之對象，位置分布示意如圖 6。由表 2 可知，不同類型車站地區皆有其土地使用檢討重點，故本研究於構建模式時，亦必須先將不同類型車站予以劃分，並將不同功能與層級所需之規劃原則納入模式中考量處理。

**表 2 不同類型車站地區土地使用檢討重點表**

車站地區類型	土地使用檢討重點	實例分析車站
都會核心型	1. 開發管制採取高容積率而低建蔽率； 2. 車站相鄰街廓應規劃為商業使用。	忠孝復興站
全市型	1. 強調便利的轉乘空間； 2. 車站周邊鄰近主要幹道部分應規劃為商業區； 3. 開發管制強調低建蔽率。	忠孝敦化站
地區型	1. 強調轉運設施及停車空間的規劃； 2. 部分重點區域提升為商業使用，但基本上仍須以維持地區高密度住宅的居住品質為原則； 3. 規劃上重視開放空間與道路機能。	永春站
鄰里型	1. 強調轉運設施及停車空間的規劃； 2. 車站相鄰地段規劃為市場用地。	後山埤站

資料來源：整理自張金鶚<sup>[31]</sup>。



**圖 6 實例分析車站位置示意**



本研究先將土地使用類別粗分為住宅區、商業區及公共設施三種，經由本研究調查計算並參考台北市統計要覽<sup>[32]</sup>，得知屬都會核心型之忠孝復興站地區內，住宅區占 35.61%，商業區占 15.08%，公共設施占 49.31%；屬全市型之忠孝敦化站地區內，住宅區占 48.12%，商業區占 8.77%，公共設施占 48.11%；屬地區型之永春站地區內，住宅區占 56.91%，商業區占 5.23%，公共設施占 37.86%；屬鄰里型車站地區內，住宅區占 45.45%，商業區占 3.46%，公共設施占 51.09%。規劃目標年配合資料時間定為民國 114 年，依據台北都會區平常日運具分配預測顯示<sup>[33]</sup>，民國 114 年大眾運輸約占總旅次 36.24%，小客車占 27.02%，機車占 28.88%，計程車占 7.86%，其中捷運系統使用比率又占大眾運輸的 34%，亦即目標年捷運系統之使用比率平均來講約為總旅次的 12.32%；按理捷運車站周邊地區所發生旅次使用捷運之比率應會高過上述平均值，但因目前尚無提高程度的參考依據，本研究暫使用此平均值作分析，此項參數未來可作更深入的探討與估計。

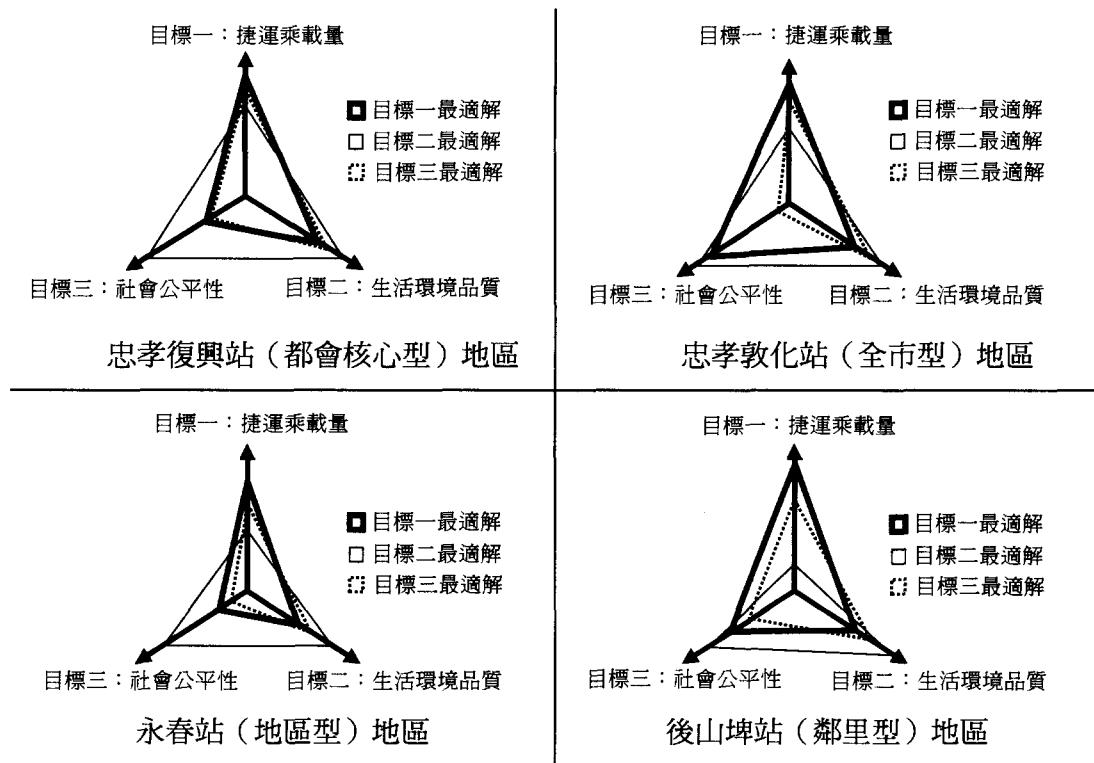
在模式外生變數中，住宅與商業使用之捷運使用比率，係根據台北市政府交通局<sup>[33]</sup>對台北都會區平常日全日運具分配及大眾運輸全日運量預測而估計，由於各類別土地使用之捷運使用比率無法取得，故在進行實例分析時假設各類別土地使用之捷運使用比率皆為相同；各類土地使用之旅次發生率係根據交通部運輸研究所<sup>[34]</sup>調查資料估算而來的，土地面積為都市計畫面積；鄰近地區發展密度平均值（每單位土地面積上之樓地板面積）及鄰近地區樓地板面積與公共設施面積比值之平均值皆由大安區及信義區土地使用面積資料推算而來；各類型車站土地使用樓地板面積之關係係數  $a, b, c, d$  均由現行都市計畫之住宅區、商業區樓地板面積及公共設施面積資料推算而來，即是以現行土地使用樓地板面積關係為未來規劃之依據；關於容積率限制範圍，由於討論議題是 TOD 規劃地區應提高的發展強度，故以現行管制規定之容積上限為範圍下限值，並以現行獎勵容積提高上限（規定容積  $\times 130\%$ ）為範圍上限值。詳細的輸入資料說明，可參閱高誌謙<sup>[35]</sup>。

將前述資料代入本研究所構建之土地使用規劃模式中進行實例分析，求得研究區內符合 TOD 理念且兼顧永續發展目標之住宅與商業使用之最適容積率，並推算各目標函數之最適目標值，亦即最大之捷運系統乘載量、最大之生活環境品質及最小之土地使用強度與環境品質差異。本研究採用  $\varepsilon$ -限制法求解各車站地區之非劣解集，作為替選方案使用，有關此方法之解題細節可參閱 Hwang 和 Masud<sup>[36]</sup> 或許志義<sup>[37]</sup>。

## 1. 償付關係分析

當分別以捷運系統乘載量最大化、生活環境品質最大化及土地使用強度與環境品質差異最小化等三個目標函數，進行單一目標最適化的求解後，可以分析三者間的償付關係。由圖 7 可知，當求解捷運系統乘載量 ( $Z_1$ ) 單一目標最大值時，會使得生活環境品質 ( $Z_2$ ) 降至最小，亦即增加車站地區土地使用強度以提升捷運系統乘載量時，必定會降低車站地區之生活環境品質，故此二個目標明顯衝突。而車站地區生活環境品質 ( $Z_2$ ) 單一目標值最大時，會使得與其相鄰土地間在使用強度與生活環境上的差異 ( $Z_3$ ) 最大，故此二個目標間亦具有替代關係。





註：各目標值已一般化為  $[0,1]$  範圍。

圖 7 各目標最適解衝突示意

由此可知，規劃者由永續發展的觀點出發，研擬車站地區土地使用計畫時，若僅以捷運系統乘載量之經濟效率面為規劃目標時，需慎重考慮其對於環境及社會層面之影響，以避免造成生活環境品質低劣及相鄰土地間在使用強度與生活環境上的差異過大等悖離永續發展目標之情形。

## 2. 非劣解

本研究利用  $\varepsilon$ -限制法之求解程序，取出目標三作為目標函數，而將目標一與目標二移入限制式中，分別取此二個目標值域之 4 等分點作為變動限制值之方式進行求解，找出非劣解集如表 3 所整理。

由表 3 知，若目標一逐漸減少，則目標二將逐漸增加，即增加車站地區土地使用強度以提升捷運系統乘載量時，必定會降低車站地區之生活環境品質，故此二個目標明顯衝突。而目標二逐漸增加時，則目標三會逐漸增加，即提升車站地區生活環境品質時，會增加車站地區與相鄰土地間在使用強度與生活環境上的差距，此二個目標間亦存在衝突性。而上述非劣解個別皆可代表為一個方案，在這些方案中到底哪一個是最適的方案，則必須依賴決策者的偏好函數，進行方案評選作業。



表 3 四類型車站地區非劣解集整表

車站	非劣解	決策變數					目標值		
		住三(%)	住四(%)	商二(%)	商三(%)	商四(%)	目標一	目標二	目標三
忠孝復興站	A	400	400	800	700	1040	53,590	0.183253	0.156781
	B	360	390	650	600	830	48,884	0.200618	0.154719
	C	330	390	750	590	1020	48,884	0.221880	0.161349
	D	290	300	650	560	830	48,884	0.248183	0.176768
	E	300	400	690	630	1040	44,178	0.183253	0.154701
	F	370	300	740	560	900	44,178	0.200618	0.154716
忠孝敦化站	G	—	340	800	—	1020	44,374	0.159969	0.034012
	H	—	360	770	—	1020	44,374	0.190625	0.067668
	I	—	400	800	—	1040	44,374	0.210824	0.248192
	J	—	360	660	—	820	40,600	0.159969	0.033390
永春站	K	260	—	—	800	720	36780	0.2034257	0.447821
	L	250	—	—	800	720	35165	0.2034257	0.443828
後山埤站	無可行解，直接以圖 7 之三個端點解為非劣解。								

### 3. 模式分析結果

- (1) 圖 8 到圖 10 顯示四個類型車站地區在各目標之表現，都會核心型車站在目標一的表現最佳，即捷運系統乘載量最大，由於此類型車站地區的主要機能為轉運站，且車站地區需有較多的商業使用，故其目標一的表現最佳。其次依序為全市型、地區型及鄰里型，此與類型定義上十分相符；鄰里型在目標二的表現為最佳，即生活環境品質為最佳，由於此類型車站地區大都為住宅區，因此其生活環境品質亦需最好；而在目標三表現最好的是全市型，亦即代表此類型車站地區在提升土地使用強度後，與鄰近地區的發展密度及生活環境品質的差異為最小。
- (2) 本研究利用  $\epsilon$ -限制法，分別取目標一與目標二之 4 等分點作為變動值之方式進行分析，求出各車站地區之非劣解集。由於在求解過程中以目標一與目標二為限制，可能造成無解情形，而須直接使用端點解為非劣解，如後山埤站（鄰里型）之分析結果，此乃應用此方法時須注意的事項。
- (3) 求解過程中，在不同的限制組合下求得目標三之最適解會有相同的情況，亦即變動目標一與目標二的  $\epsilon$  值組合，所得到的最適解會在同一點，此為  $\epsilon$ -限制法之另一項特性。
- (4) 規劃者由 TOD 觀點進行捷運車站周邊地區土地使用規劃時，藉由提高車站周邊之土地使用強度，以高度集中發展的方式增加大眾運輸系統的使用，必須考量車站周邊



地區之生活環境是否因人口密度的增加，導致每人享有之公共設施面積減少，而降低生活環境品質；亦須考慮相鄰土地間是否因使用強度與生活環境上的差異，而違反土地發展社會公平性原則。

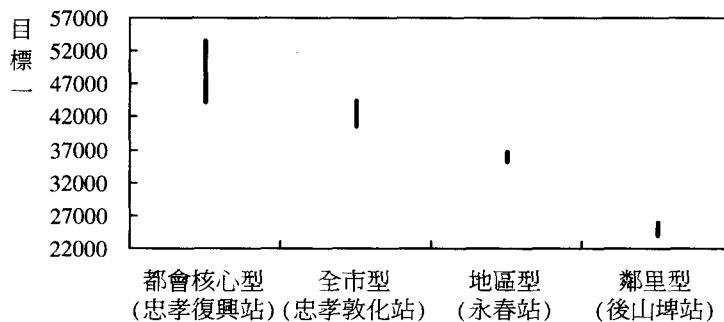


圖 8 四類型車站地區於目標一之表現圖

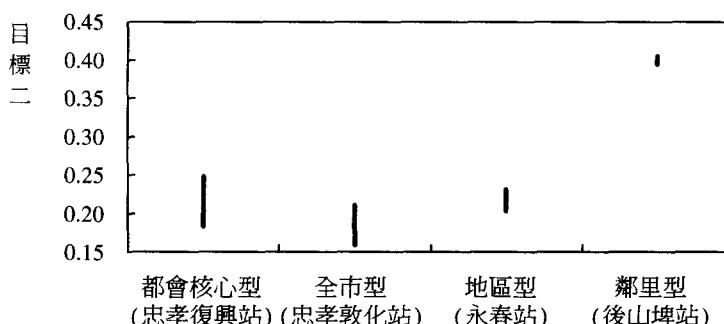


圖 9 四類型車站地區於目標二之表現圖

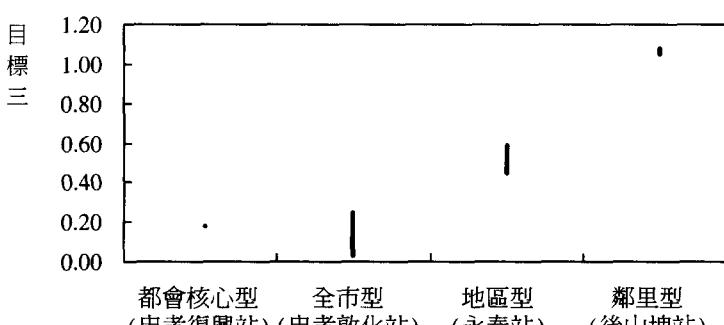


圖 10 四類型車站地區於目標三之表現圖



## 五、敏感度分析

本研究模式之限制條件中，容積管制上限會影響非劣解集目標值的範圍。實務作業時，容積率的管制是規範都市土地合理使用的重要手段之一，同時容積率乃屬 TOD 三面向之密度 (density) 面向，本研究擬以調整容積率管制上限值進行敏感度分析。藉由敏感度分析的結果，了解管制政策對模式規劃結果的影響。本章以都會核心型車站地區（即忠孝復興站）為分析案例，檢討參數變化之結果，目的在驗證各種土地使用容積管制及獎勵在本模式反映的結果，以期能提供規劃者於決策時之參考。

### 1. 參數設定

本研究將容積率上限以現有法令規定為基準，逐次增加基準值之 10%、20%、30%、…、100% 等 10 種不同比率，觀察模式目標值之變化，並分為以下三種情境組合進行敏感度分析：

組合 I：假設住宅區容積率因都市政策上之獎勵而放寬限制時，允許調整容積上限，以觀察模式目標值之變化，此種參數組合稱為組合 I。

組合 II：假設商業區容積率因都市政策上之獎勵而放寬限制時，允許調整容積上限，以觀察模式目標值之變化，此種參數組合稱為組合 II。

組合 III：假設住宅區與商業區容積率皆因都市政策上之獎勵而同時放寬限制時，允許調整容積上限，以利觀察模式目標值之變化，此種參數組合稱為組合 III。

### 2. 結果分析

為了便於觀察非劣解目標值的變化，本研究以各目標非劣解集之最大值、最小值及算術平均值三種指標進行分析，在圖 11 到圖 19 中，分別由直線之上下界及黑色方格代表之。

#### (1) 組合 I：

當只提高住宅區容積管制上限時，如圖 11 所示，乘載量在解集中之最大值並未因住宅容積率的增加而呈現明顯的遞增現象，這是因為目標一或目標二之值達到較佳水準時，在目標三卻落於可行解區範圍之外，因此出現無解的現象所致。最小值則因為分析時未改變容積率之下限值，故乘載量最小值並未因住宅容積率的增加而變動。以平均值來看，乘載量隨著住宅容積率的提升而呈現緩慢遞增的情形；由圖 12 可知，隨著住宅容積率的增加，目標二的平均值呈現遞減的現象，亦即當住宅容積率增加，車站地區內每單位樓地板面積所分配的公共設施會逐漸減少，生活環境品質愈差；由圖 13 可知，當增加車站地區之住宅容積率時，目標三之最大值與平均值皆呈遞增的現象，且容積率增加的幅度愈大，目標三增加的幅度愈大，亦即當增加車站地區之土地使用強度時，與鄰近地區之土地使用強度及生活環境品質會相差愈大，土地發展社會公平性愈低。



## (2) 組合 II：

當只提高商業區容積管制上限時，如圖 14 所示，乘載量在解集中之最大值並未因商業區容積率的增加而呈遞增的現象，這是因為目標一或目標二之值在達到較佳水準時，在目標三卻落於可行解區之外，因此出現無解的現象所致。最小值則因為分析時未改變容積率之下限值，故乘載量最小值並未因商業容積率的增加而變動。以平均值看來，乘載量隨著商業容積率的提升而呈現緩慢遞增的情形；由圖 15 可知，隨著商業容積率的增加，目標二的最小值似乎是不變的情況，而平均值呈現緩慢遞減，亦即當商業容積率增加，車站地區內每單位樓地板面積所分配的公共設施會逐漸減少，但降低的幅度非常小，由此可知，商業容積率的高低與生活環境品質的優劣較不具有明顯的關係；由圖 16 可知，當增加車站地區之商業容積率時，目標三平均值呈緩慢遞增的現象，亦即當增加車站地區之商業土地使用強度時，與鄰近地區之土地使用強度及生活環境品質會相差愈大，土地發展社會公平性愈低，但此種差距趨勢較不明顯。此種變化不敏感的特性，原因在商業區土地通常只占規劃面積的小部分，故提高其容積上限的影響力有限。

## (3) 組合 III：

當同時提高住宅區與商業區容積管制上限時，如圖 17 所示，乘載量在解集中之最大值並未因容積的增加而呈遞增的現象，原因同組合 I 與組合 II 所述的無解情況。最小值則因為分析時未改變容積率之下限值，故乘載量最小值並未因容積率的增加而變動。以平均值看來，乘載量隨著容積率的提升而呈現緩慢遞增的情形；如圖 18 所示，隨著容積率的增加，目標二的最小值似乎是不變的情況，而平均值呈現緩慢遞減，亦即當住宅區與商業區容積率同時增加時，車站地區內每單位樓地板面積所分配的公共設施會逐漸減少，且降低幅度相當顯著；如圖 19 所示，當增加車站地區之住宅與商業容積率時，目標三平均值呈遞增的現象，亦即當增加車站地區之土地使用強度時，與鄰近地區之土地使用強度及生活環境品質會相差愈大，土地發展社會公平性愈低。配合前兩種組合之變化趨勢可知，都會核心型車站之住宅區容積對目標二與目標三有顯著的影響，而商業容積管制上限之影響力則較弱。

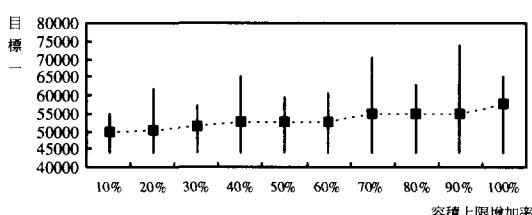


圖 11 組合 I 非劣解目標一之變化

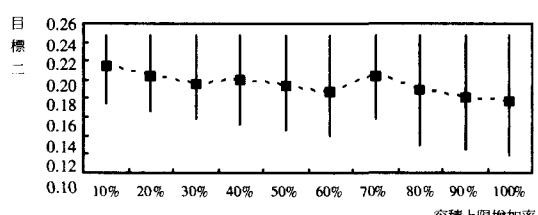


圖 12 組合 I 非劣解目標二之變化



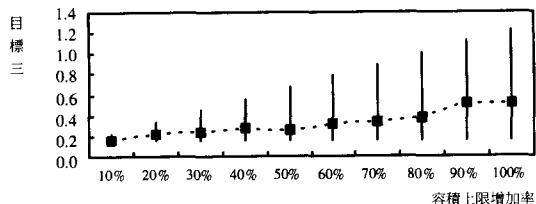


圖 13 組合 I 非劣解目標三之變化

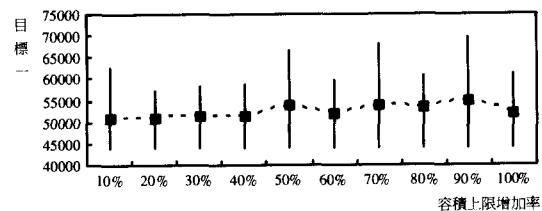


圖 14 組合 II 非劣解目標一之變化

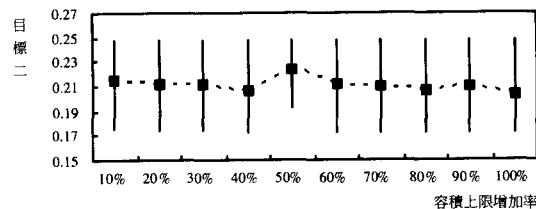


圖 15 組合 II 非劣解目標二之變化

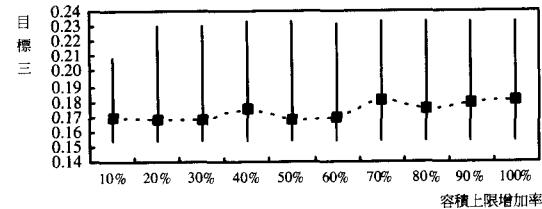


圖 16 組合 II 非劣解目標三之變化

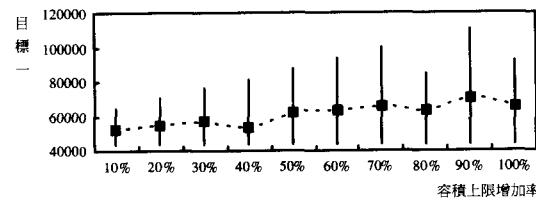


圖 17 組合 III 非劣解目標一之變化

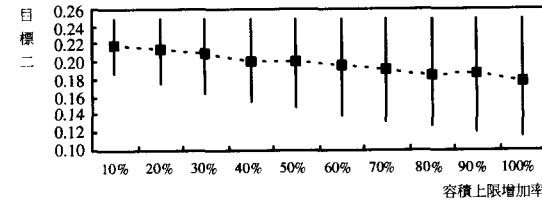


圖 18 組合 III 非劣解目標二之變化

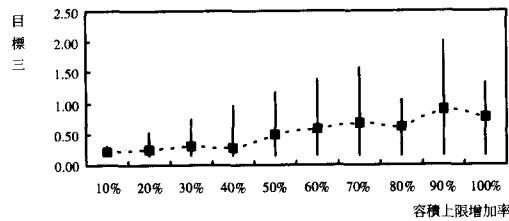


圖 19 組合 III 非劣解目標三之變化

## 六、結論與建議

TOD 發展藉由建構車站附近地區之土地使用方式，善加利用大眾運輸並提升其使用率，是目前普遍被討論的都市發展策略，然而卻尚未有合適的分析工具協助規劃者進行系



統且有效的土地使用規劃；同時過去 TOD 規劃過於強調提高捷運承載量的效率面，忽略對生活環境與土地發展社會公平性所可能造成的負面影響。本研究以多目標規劃方法設計 TOD 土地使用規劃模式，以同時對效率、環境以及公平這三個永續發展向度作權衡分析，模式可為已發展地區之捷運車站周邊地區在進行容積率檢討時產生替選方案，供規劃者作進一步評估的基礎。

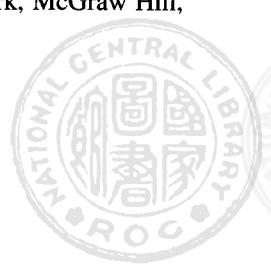
為確認所設計模式之實用性與特性，本研究以台北捷運藍線四種類型車站地區進行實例分析，結果發現都會核心型車站地區之捷運乘載量可達最高，鄰里型車站地區之生活環境品質可達最佳，全市型車站地區之發展密度與生活環境品質與鄰近地區差異可達最小。經過比較檢討後，發現規劃者由永續發展的觀點出發，研擬車站地區土地使用計畫時，不能僅以捷運系統乘載量之經濟效率面為規劃目標，需慎重考慮其對於環境及社會層面之影響，以避免造成生活環境品質低劣及相鄰土地間在使用強度與生活環境上的差異過大等悖離永續發展目標之情形。本研究將住宅區及商業區之容積率變化，設定為三種參數組合進行敏感度分析，以觀察模式目標值之變化。結果發現對於都會核心型車站而言，提高住宅區容積率上限對提高捷運承載量、降低生活環境品質以及降低土地發展公平性的影響均較提高商業區容積率上限的影響更為顯著。

本研究以線性規劃模式建構 TOD 土地使用規劃模式，對於可能存在非線性關係的目標式或限制式，必須以簡化或轉換的方式方便求解，如此可能無法完全表達模式原有之構想，如能建立適當的非線性關係式，則模式將更加完善嚴謹。而土地使用類別若能劃分愈細，愈能符合實際環境，若能根據研究地區實際使用類別加以區分，則模式之結果將更能符合決策者之需求。本研究基於政府在都市發展規劃責任之立場進行規劃模式之構建，於實務規劃作業上，若能加入私部門追求開發利益及成本之考量，則模式之應用層面將更廣。

本模式僅針對四種類型之單一車站個別進行規劃，為交通結點型 (nodal development) 之土地使用規劃模式，尚未考量車站間乘載量及土地使用類別間等相互影響關係，建議未來可朝向運輸走廊型 (corridor development) 或都市發展型 (urban development) 之土地使用規劃類型修改模式。為處理 TOD 在實務規劃作業上所面臨的不明確特性，未來可朝向模糊規劃或灰色規劃之方向修改模式。本研究所構建的模式中，對於部分外生變數尚未作詳細之探討，例如各類別土地使用樓地板面積之關係係數間可能具有某種函數關係，或如車站地區捷運系統使用比率之參數值，後續研究者或實際應用模式時可作更深入之探討與估計。

## 參考文獻

1. Beimborn, E., Rabinowitz, H., Mrotek, C., Gugliotta, P., and Yan, S., "Transit-based Approach to Land Use Design", *Transportation Research Record*, 1349, 1991, pp. 107-114.
2. Bernick, M. and Cervero, R., *The Transit Village in the 21st Century*, New York, McGraw Hill, 1997.



3. Cervero, R., "Transit-based Housing in California: Evidence on Ridership Impact", *Transport Policy*, 3, 1994, pp. 174-83.
4. Corbett, J. and Zylofsky, P., *Building Livable Communities: A Policymaker's Guide to Transit-oriented Demand*, Local Government Commission, CA, 1999.
5. Moon, H., "Land Use around Suburban Transit Stations", *Transportation*, Vol. 17, No. 1, 1990, pp. 67-88.
6. 張學孔、錢學陶、杜雲龍，「大眾運輸導向之都市發展策略」，《捷運技術半年刊》，第 22 期，民國八十九年，頁 1-13。
7. 陳勝智，「以大眾運輸導向發展理念進行車站地區都市再發展之探討」，國立成功大學都市計劃研究所碩士論文，民國九十年。
8. Cervero, R. and Kolkelman, K., "Travel Demand and the 3Ds: Density, Diversity, and Design", *Transportation Research D*, Vol. 2, No. 3, 1997, pp. 199-219.
9. Bammi, D., Bammi, D., and Paton, R., "Urban Planning to Minimize Environmental Impact", *Environment and Planning A*, Vol. 8, 1976, pp. 245-359.
10. Bammi, D. and Bammi, D., "Development of Comprehensive Land Use Plan by Means of a Multiple Objective Mathematical Programming Model", *Interfaces*, Vol. 9, No. 2, 1979, pp. 50-63.
11. Barber, G. M., "Land-use Plan Design via Interactive Multiple-objective Programming", *Environment and Planning A*, Vol. 8, 1976, pp. 625-636.
12. Brotchie, J. F., "A New Approach to Urban Modeling", *Management Science*, Vol. 24, No. 16, 1978, pp. 1753-1758.
13. Brotchie, J. F., Dickey, J. W., and Sharpe, R., *TOPAZ-General Planning Technique and Its Applications at the Regional, Urban, and Facility Planning Levels*, Springer-Verlag, Berlin, 1980.
14. Diamond, J. T., and Wright, J. R., "Efficient Land Allocation", *Journal of Urban Planning and Development*, Vol. 115, No. 2, 1989, pp. 81-96.
15. Dokmeci, V. F., "Multiobjective Land-use Planning Model", *Journal of Urban Planning and Development*, Vol. 119, No. 1, 1993, pp. 15-22.
16. Gilbert, K. C., Holmes, D. D., and Rosenthal, R. E., "A Multi-objective Discrete Optimization Model for Land Allocation", *Management Science*, Vol. 31, No. 12, 1985, pp. 1509-1522.
17. Gorden, P. and MacReynolds, W. K., "Optimal Urban Forms", *Journal of Regional Science*, Vol. 14, No. 2, 1974, pp. 217-231.
18. Los, M., "Simultaneous Optimization of Land Use and Transportation—A Synthesis of the Quadratic Assignment Problem and the Optimal Network Problem", *Regional Science and Urban Economics* 8, 1978, pp. 21-42.
19. Los, M., "A Discrete-convex Programming Approach to the Simultaneous Optimization of Land Use and Transportation", *Transportation Research B*, Vol. 13, 1979, pp. 33-48.
20. Lundqvist, L., "Integrated Location-transportation Analysis; A Decomposition Approach",



- Regional and Urban Economics*, Vol. 3, No. 3, 1973, pp. 233-262.
21. Ridgley, M. A. and Giambelluca, T. W., "Linking Water-balance Simulation and Multiobjective Programming: Land Use Plan Design in Hawaii", *Environment and Planning B*, Vol. 19, 1992, pp. 317-336.
22. 蔡建年,「高雄都會區最適都市規模分佈之研究」,國立中興大學都市計劃研究所碩士論文,民國七十七年。
23. 馮正民、才有財,「多目標規劃法於捷運車站附近都市更新之應用研究」,〈規劃學報〉,第十五期,民國七十七年,頁 1-19。
24. 馮正民、魏國強、洪嘉宏,「交通運輸與資源利用多目標規劃整合模式之研究」,〈管理科學學報〉,第六卷,第一期,民國七十八年,頁 27-44。
25. 馮正民、王文林,「交流道附近地區土地使用規劃方案之產生—模糊多目標規劃法之應用」,〈規劃學報〉,第十八期,民國八十年,頁 131-152。
26. 馮正民、林楨家,「都市計畫草圖替選方案之分析模式」,〈都市與計劃〉,第二十四卷,第二期,民國八十六年,頁 153-169。
27. 馮正民、林楨家,「都市計畫草圖替選方案分析模式之改進: 納入公共設施配置」,〈都市與計劃〉,第二十七卷,第二期,民國八十九年,頁 233-254。
28. 林楨家、馮正民,「土地使用與運輸路網整合設計之二階規劃模式」,〈運輸計劃季刊〉,第三十卷,第四期,民國九十年,頁 733-762。
29. 馮正民、張昭芸,「以捷運營運觀點規劃捷運走廊土地使用活動之活動量」,〈運輸計劃季刊〉,第二十二卷,第四期,民國八十二年,頁 429-444。
30. Kaneko, Y. and Fukuda, A., "A Location Control Model for Transit Oriented Development", *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 3, No. 4, 1999, pp. 137-148.
31. 張金鶲,「淡水、木柵線捷運場站周圍地區土地利用通盤檢討」,台北市政府都市發展局委託,中華民國住宅學會辦理,民國八十六年。
32. 台北市政府主計處,〈台北市統計要覽〉,民國九十年。
33. 台北市政府交通局,〈台北都會區整體運輸規劃基本資料之調查與驗校(二)〉,民國九十年。
34. 交通部運輸研究所,〈台灣地區都市土地旅次發生特性之研究—台北都會區混合土地使用旅次發生率之調查研究〉,民國八十四年。
35. 高誌謙,「大眾運輸導向發展之土地使用規劃模式」,長榮管理學院土地管理與開發學系碩士論文,民國九十一年。
36. Hwang, C. L. and Masud, A. S., *Multiple Objective Decision Making – Methods and Applications: A State-of-Art*, Lecture Note in Economics and Mathematical System, 164, New York, Springer-Verlag, 1979.
37. 許志義,〈多目標決策〉,五南圖書出版公司,民國八十四年。

